



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

ZVÝŠENÍ KAPACITY VÝROBNÍHO PROCESU

INCREASING THE CAPACITY OF THE MANUFACTURING PROCESS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Mindl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Pavel Juřica, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav managementu
Student: **Petr Mindl**
Studijní program: Ekonomika a management
Studijní obor: Ekonomika a procesní management
Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Pavel Juřica, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Zvýšení kapacity výrobního procesu

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Cíle práce
Teoretická východiska práce
Analýza problému
Vlastní návrhy řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Návrh nového uspořádání procesu výroby s využitím nástrojů štíhlé výroby za účelem zvýšení kapacity.

Základní literární prameny:

IMAI, M. Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1621-0.

JUROVÁ, M. Výrobní procesy řízené logistikou. Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-265-0059-9.

LIKER, J. K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. 1. vyd. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.

TOMEK, G. a V. VÁVROVÁ. Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 366 s. ISBN 978-80-247-4486-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně dne 28.2.2017

L. S.

doc. Ing. Robert Zich, Ph.D.
ředitel

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na optimalizaci a modernizaci výrobní linky na svařování lékařských roušek ve firmě Hartmann – Rico a.s. Linka nedosahuje potřebné výrobní kapacity z důvodu nedokonalého vybalancování pracovních operací, špatného layoutu a nedostatečné standardizace pracovního postupu. Práce obsahuje teoretické pojmy z oblasti optimalizace výrobního procesu, analýzu současného stavu a návrh řešení.

Abstract

This bachelor thesis is focused on optimization and renovation of the production line for welding medical drapes in company Hartmann - Rico Inc. The line does not reach the required production capacity because of imperfect balancing of operation with an inappropriate layout and lack standardization of workflow. Thesis includes theoretical concepts from the field of process optimization, analysis of the current situation and draft solutions.

Klíčová slova

výrobní proces, optimalizace, štíhlá výroba, modernizace, tok jednoho kusu

Key words

the production process optimization, lean manufacturing, modernization, one piece flow

Bibliografická citace

MINDL, P. Zvýšení kapacity výrobního procesu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2017. 50 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. et Ing. Pavel Juřica, Ph.D..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 1. června 2017

.....

Petr Mindl

Poděkování

Vznik předložené bakalářské práce by nebyl možný bez neúnavné ochoty odborného vedení a poskytnutých rad všech zúčastněných. Jmenovitě by rád poděkoval především vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. et Ing. Pavlovi Juřicovi, Ph.D. a slečně Ing. Martině Žákové v pozici oponentky za jejich čas, ochotu, odborné vedení a rady při zpracovávání bakalářské práce. Dále chci poděkovat vedení a všem zaměstnancům společnosti Hartmann – Rico a.s. za jejich ochotu, trpělivost a poskytnutí všech potřebných podkladů k vypracování mé bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 CÍL A METODIKA PRÁCE.....	11
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE.....	12
2.1 Výrobní proces.....	12
2.2 Typologie výroby.....	12
2.2.1 Členění dle typu výroby.....	12
2.2.2 Členění dle plynulosti technologického procesu	13
2.2.3 Charakteristika vstupů	13
2.2.4 Charakteristika výstupů	13
2.3 Analýza výrobního procesu	13
2.4 Rozbor využití výrobní kapacity.....	14
2.5 Extenzivní využití kapacit	14
2.6 Intenzivní využití kapacit.....	15
2.7 Nástroje pro analýzu výrobního procesu	16
2.7.1 Momentové pozorování	16
2.7.2 Value stream mapping	16
2.8 Štíhlá výroba	16
2.8.1 Just-in-time	17
2.8.2 Typy plýtvání.....	17
2.8.3 Metoda 5S.....	18
2.8.4 Spaghetti diagram	18
3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	20
3.1 Představení společnosti Hartmann – Rico a.s.	20

3.1.1	Závod Veverská Bítýška	20
3.2	Základní analýza	20
3.2.1	Současná kapacita linky	21
3.2.2	Struktura vyráběných roušek	22
3.2.3	Struktura operací	23
3.3	Stanovení reprezentativních zakázek	24
3.3.1	Výrobní kapacita reprezentantů	24
3.3.2	Koeficient přepočtu skutečného výrobního taktu	25
3.3.3	Reprezentativní zakázka – 2 operace	26
3.3.4	Procesní analýza 2-operace	29
3.3.5	Value Stream Mapping 2-operace	29
3.4	Srovnání reprezentativních zakázek	30
3.4.1	Stanovení koeficientu pro přepočet průměrného výrobního taktu	31
3.5	Stávající uspořádání pracoviště K1	32
3.5.1	Spaghetti diagram	33
4	VLASTNÍ NÁVRHY ŘEŠENÍ	34
4.1	Návrh automatického odvíječe	34
4.2	Návrh nového layoutu	36
4.2.1	Spaghetti diagram nového layoutu	36
4.3	Přepočet reprezentativních zakázek po implementaci navržených řešení	37
4.3.1	Reprezentativní zakázka – 2 operace	37
4.3.2	Procesní analýza – 2-operace	38
4.3.3	Value Stream Mapping 2-operace	39
4.4	Srovnání reprezentantů po navržených úpravách	39
4.5	Ekonomické zhodnocení	41

4.5.1 Bod zvratu.....	43
ZÁVĚR	44
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	48
SEZNAM TABULEK	49
SEZNAM PŘÍLOH.....	50

ÚVOD

Od dob kdy Toyota začala uplatňovat principy štíhlé výroby a započal závod se Spojenými státy i s celým světem o prvenství v automobilovém průmyslu, se většina výrobních podniků snaží tyto metody napodobovat a implementovat do svých závodů a myšlení pracovníků. Duchovní otec metody Šigeo Šingó nastolil přístup, který posléze přijal celý moderní svět. Eliminovat plýtvání, zkrátit dobu výroby, zvyšovat kvalitu, a hlavně v nejvyšší míře uspokojit zákazníka. To jsou myšlenky, které se snaží uplatňovat celý podnikatelský svět a které jsou hnacím motorem inovací a pokroku. Ve stejném duchu se budu snažit pojmout i svoji bakalářskou práci.

Minulé hospodářské krize nás naučily, že podniky schopné pružně se přizpůsobit novým poměrům a požadavkům zákazníků, přečkaly krize lépe než jiné. Byly to právě v největší míře podniky, jež přijaly principy štíhlé výroby. Takovým podnikem je i Hartmann – Rico a.s. snažící se neustále inovovat, analyzovat, a hlavně standardizovat nové postupy a myšlení do svých závodů.

Firma Hartmann je jeden z největších výrobců zdravotnických potřeb na světě, i proto je potřeba neustále se zlepšovat na místě. Udržet krok s moderními poznatky i postupy je klíčový v závodě s ostatními konkurenty i v otázce odpovědnosti k zákazníkovi, zvláště pokud se jedná o oblast zdravotnických potřeb jak na profesionální úrovni, tak i v domácím prostředí.

V práci čerpám z moderních přístupů k výrobě, které věřím, pomohou vytvořit práci, jež bude reprezentovat myšlenky štíhlé výroby a orientace na zákazníka. Výstupy práce snad účelně pomohou firmě Hartmann – Rico a.s. plnit své cíle jak v krátkém, tak i dlouhodobém horizontu.

1 CÍL A METODIKA PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je návrh optimalizace procesu výroby lékařských roušek a modernizace výrobní linky, pro zvýšení výrobní kapacity. Cíle má být dosaženo pomocí optimalizace celého výrobního procesu, za použití moderních postupů z oblasti štíhlé výroby a nových technologií.

Část výroby pro současnou linku je vyráběna na přípravném pracovišti. Jedním z cílů bude navrhnout řešení, které přenesse co možná největší objem výroby na modernizovanou linku K1 a zvýší výrobní kapacitu a eliminuje transportní časy z přípravného pracoviště. Pro vytyčený cíl bude využito nástrojů měření výroby, procesní analýzy, Visual stream mapping a dalších.

Sortiment druhů výrobků, a tedy i různých pracovních postupů prováděných na lince je poměrně široký. Dalším cílem bude přizpůsobit layout a použité technologie při modernizaci, tak, aby byl výrobní proces co nejjednodušší a zachovával si systém toku jednoho kusu. Bude proto nutné analyzovat i jednotlivé operace prováděné na výrobcích a brát je v potaz při úpravě layout a modernizaci linky. Budou zde využity principy štíhlé výroby a nástroje pro analýzu výrobního procesu, jako je například procesní analýza.

V první části práce se definují teoretická východiska pro zpracování a výpočty nutné ke zpracování analýzy současného stavu a návrhu řešení. V další části bude provedena samotná analýza současného stavu. V poslední části je představeno vlastní řešení v podobě návrhu nového layout pracoviště a popsány použité technologie. Poslední část představí ekonomické zhodnocení navržených změn.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

V této části popíšu teoretické poznatky nutné k pochopení dané problematiky. Za nejdůležitější považuji téma štihlé výroby a metody měření a hodnocení výroby.

2.1 Výrobní proces

Výrobní proces můžeme chápat jako přeměnu materiálových prvků jakéhokoliv druhu k potřebě uspokojování potřeb trhu a zákazníka (1, s. 7–8). Tyto procesy můžeme dále dělit na dvě základní skupiny: výroba podle objednávek a výroba podle očekávání budoucích objednávek. V první variantě musí podnik dodat objednávku podle zákazníka v konkurenceschopném čase. Tedy zákazník nesmí čekat déle, než aby se mu vyplatilo přejít ke konkurenci. Ve druhé variantě toto nebezpečí odpadá, avšak podnik na sebe bere riziko udržování zásob (1, s. 10–11).

2.2 Typologie výroby

Členění výroby lze provádět na základě mnoha různých kritérií jako například dle vztahu k zákazníkům, charakteru technologie, plynulosti technologického procesu a dalších (1, s. 28–29).

Výrobu rozlišujeme nejen na základě množství zpracovaných výrobků, ale také podle způsobu přidělení jednotlivých výrobních faktorů. V hromadné a sériové výrobě jsou používány většinou automatizované stroje, které minimálně potřebují obslužného pracovníka. Výstup z jednoho pracoviště většinou tvoří vstup jiného pracoviště (2).

2.2.1 Členění dle typu výroby

Výrobu dělíme podle typu na kusovou, sériovou a hromadnou (1, s. 29).

- Kusová výroba je charakterizována velkým počtem různorodých výrobků v malých zakázkách (1, s. 28–29).
- Sériová výroba se vyznačuje výrobou stejných druhů výrobků v opakujících se sériích. Podle velikosti série rozlišujeme na malosériové, středně – a velkosériové výroby (1, s. 29).

- Hromadnou výrobu charakterizuje jeden nebo velmi malý počet druhů vyráběných produktů (1, s. 29).

2.2.2 Členění dle plynulosti technologického procesu

Dle zmíněného členění dělíme proces v zásadě na dvě skupiny, výrobu plynulou a přerušovanou. V plynulé výrobě se technologický proces nepřerušuje, a to ani ve dnech pracovního klidu. Plynulá výroba vytváří ideální podmínky pro automatizaci a většinou je spojena s vysokými náklady při přerušení a opětovném spuštění výroby (1, s. 28).

Přerušovaná výroba je typická pro strojírenské, elektrotechnické a stavební obory. Proces je přerušován řadou nutných netechnologických procesů, jako je například doprava materiálu, upnutí a vyjmutí obrobku nebo výměna nástroje. Technologické procesy tvoří jen malou část v celkovém průběžném času výroby. Tento typ výroby je složitější v důsledku velkého počtu různých operací. Dále je náročnější uplatnit automatizaci, avšak náklady na přerušení a rozběhnutí výroby jsou na rozdíl plynulé výroby malé (1, s. 28).

2.2.3 Charakteristika vstupů

Vstupy jsou základními ekonomickými zdroji a vstupují do každého výrobního procesu. Vhodná kombinace výrobních vstupů neboli faktorů zefektivňuje výrobní proces a přináší výstupy v podobě nových statků. Základní ekonomické faktory jsou hlavně práce, půda a kapitál. Mezi další faktory jsou také počítány znalosti a informace (3, s. 31).

2.2.4 Charakteristika výstupů

Jsou to výsledky transformačního procesu jako výrobky k prodeji, služby pro zákazníka, vedlejší produkty, nevyužitelné zbytky materiálu, zůstatkový materiál, vlivy na životní prostředí, informace slouží jako zpětná vazba (4).

2.3 Analýza výrobního procesu

Výrobně hospodářské úkoly lze plnit jen v rámci výrobních možností. Pro správné určení těchto možností se musíme zaměřit hlavně na tyto následující oblasti výroby (5, s. 33).

- Využití výrobní kapacity.

- Rovnoměrnost výroby.
- Jakost.
- Výkonové normy.
- Výrobní zásoby.
- Nedokončenou výrobu.
- Úroveň zmetkovitosti.
- Změny sortimentu (5, s. 31).

2.4 Rozbor využití výrobní kapacity

Základním cílem rozboru je odkrýt rezervy extenzivního a intenzivního využití výrobních zařízení. A to z hledisek technických, technologických, organizačních, operativního plánování apod. Je nutné hodnotit počty technických parametrů, ploch, směnnost práce, disproporce v rámci pracovišť i na pracovišti samotném (5, s. 31).

Při rozboru výrobní kapacity je nutné brát v úvahu především.

- Množství a termíny odváděného sortimentu.
- Současné uspořádání pracovišť (technologické, předmětné, kombinované).
- Způsob průběhu výrobní dávky (postupný, souběžný, smíšený).
- Odchytky plnění výrobních úkolů od plánovaného plnění a příčiny těchto odchylek (změny sortimentu, přesčasy apod.) (5, s. 32).

2.5 Extenzivní využití kapacit

Využití výrobní kapacity je vždy spojováno s využitím rezerv růstu výroby, mohou se týkat extenzivního nebo intenzivního využití kapacit. Při extenzivním využití rezerv výrobního zařízení jde v podstatě o zvýšení efektivnosti nominálního časového fondu, který je v určitém časovém období k dispozici. Nominálním fondem se rozumí kalendářní fond zmenšený o dobu pracovního volna a dobu plánovaných oprav stroje (5, s. 32).

Dalším předmětem rozboru je odpadlá doba a možnosti jejího snížení. Patří sem zejména plánované prostoje, stanovení nejvyšší přípustné meze pro plánované prostoje a nejvyšší

přípustnou mez pro neproduktivní práci stroje. Příčiny neplánovaných prostojů jsou zejména poruchy strojů, nerovnoměrné plnění výroby během měsíce, **opožděný přísun materiálu**, neúplná nebo pozdě dodaná technická dokumentace, **špatná příprava výroby**, **nedostatek nástrojů, přípravků a měřidel**, nevyváženost výrobní kapacity jednotlivých pracovišť (5, s. 33).

„Stanovit maximální limit pro neproduktivní práci strojů lze zejména snížením nezbytného procenta zmetků, zvyšováním technologické kázně a kvalifikace pracovníků, snížením procenta odpadu materiálu a zaváděním lepších technologických postupů.“ (5, s. 32)

2.6 Intenzivní využití kapacit

Jedná se v podstatě o zdokonalení vlastního výrobního procesu. Možnosti zdokonalování se týkají například (5, s. 34).

- *„Technické přípravy výroby, nástrojů a přípravků, organizace pracoviště, úrovně technického normování.*
- *Mechanizace pomocných operací, dělby práce mezi výrobními a pomocnými dělníky.*
- *Snížení ztráty strojního času (zlepšování technologičnosti součástí, **slučování operací** a podobně).*
- *Specializace strojů a zařízení, normalizace výroby.*
- ***Zvýšení kvality operativního plánování.***
- *Zvýšení sériovosti výroby.*
- *Vnitropodnikový pohyb materiálu, provádění oprav strojního parku, hospodaření s nářadím.“* (5, s. 34)

Využít volnou výrobní kapacitu lze například pro vnitropodnikovou kooperaci. Pro uvedené využití se můžeme rozhodnout z důvodu odstranění úzkých míst současné výroby (5, s. 33–34).

2.7 Nástroje pro analýzu výrobního procesu

Standardizované postupy a nástroje pro analýzu výroby nám pomohou odhalit slabá místa a také srovnat údaje s historickými daty, popřípadě jinými výrobními procesy. Zjištěné informace mohou zároveň sloužit jako podklad pro optimalizaci výroby (1, s. 84).

2.7.1 Momentové pozorování

Zmíněná metoda je založena na pozorování spotřeby času na jednotlivé operace v rámci celé směny nebo průběhu zakázky. Metoda nevyužívá přesných a úplných měření časů ale pracuje s teorií pravděpodobnosti a náhodných výběrů. Vzorek hodnotíme podle náhodně vybraných okamžiků během pracovní směny (1, s. 85).

Výrobní takt – je čas od začátku jednoho výrobního cyklu do doby, než začne následující cyklus (6).

2.7.2 Value stream mapping

Value stream mapping (VSM) nahradil konvenční záznamové analýzy. Důvodem je skutečnost, že VSM poskytuje vizuální zobrazení pro zachycení vstupů a výstupů, takzvaně „od dveří ke dveřím“ (od jednoho kroku výroby ke druhému), zachycuje též zdroje, doby cyklů a využití času (7).

2.8 Štíhlá výroba

Základ výrobní přeměny tkví ve dvou spojitých funkcích: co nejkratší průběžná doba výrobku a co nejvyšší využití výrobních zdrojů jako jsou lidé, stroje, materiál. Š. Šingo považovaný za „otce“ revoluční „cesty Toyoty“, založil své úvahy, jak přeměnit celou výrobu, na ekonomii času jako rozhodujícím zdroji. Jasně stanovil, že výroba musí přejít od diskrétních operací k těsně zřetězené výrobě až plynulému procesu (8, s. 52–53).

Novost výrobního způsobu.

- Hromadná zakázkovost.
- Plné uspokojení konečného spotřebitele.
- Zkrat mezi výrobou a spotřebou.

- Vysoká výrobní rychlost a nízké výrobní vstupy.
- Vyváženost v zatížení zdrojů.
- Vysoké konečné zhodnocení (přidaná hodnota) (8, s. 53).

Užívané přístupy řízení štihlé výroby:

- určení hodnoty z pohledu zákazníka,
- identifikace činností,
- uvedení procesů do pohybu,
- řízení potřebami zákazníka,
- snaha o dosažení dokonalosti (9).

2.8.1 Just-in-time

„Japonci vnesli principy pohotovosti, pružnosti a rychlosti nejen do výrobní, ale i do prodejní logistiky. Řešili dvojí úlohu: obsloužit zákazníka co nejrychleji, ale zároveň s nejnižšími možnými zásobami. Bylo tedy třeba volit vhodné rozmístění výrobků i doplňků a náhradních součástí, pohotovou dopravu, určité rezervy materiálu a polovýrobků a také určité rezervy kapacitní.“ (8, s. 59)

2.8.2 Typy plýtvání

„Štihlá“ filosofie usiluje o zkrácení času dodání výrobku mezi dodavatelem a zákazníkem prostřednictvím eliminací plýtvání. Vybraná literatura dělí plýtvání na sedm základních a jeden doplňující druh. **Mezi základní patří nadprodukce, čekání, zásoby, chybovost, zbytečný pohyb, přeprava, vícepráce (složité procesy) a doplňující nevyužitý potenciál pracovníků** (10).



Obr. 1: 8 druhů plýtvání (10)

2.8.3 Metoda 5S

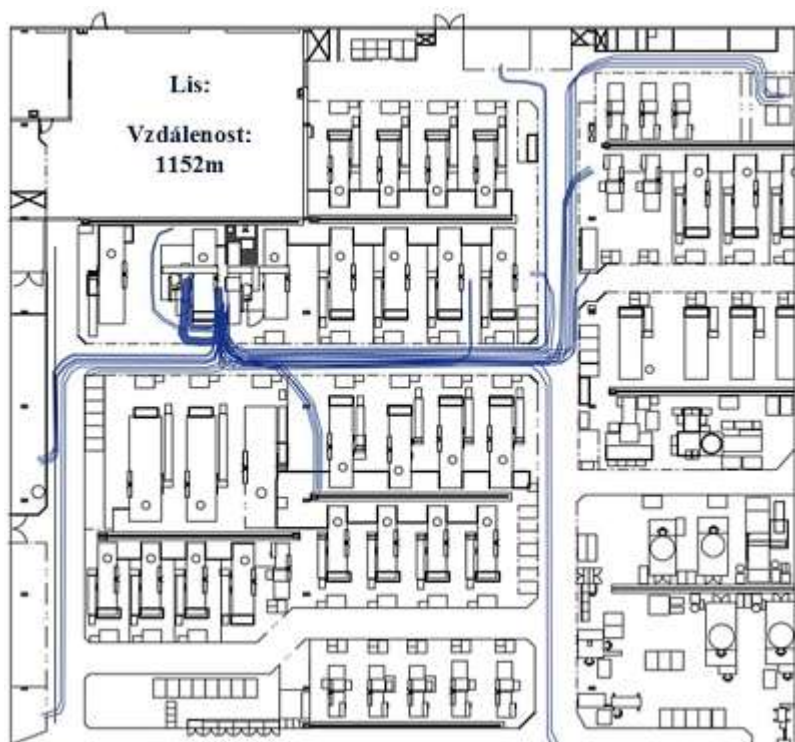
5S patří mezi základní metody, které mají uplatnění u zeštíhlení a zefektivnění výroby. Metoda je založena na dodržování standardů (11).

Zkratka 5S vychází z pěti japonských slov:

- Seiri – sort out – utřídit,
- Seiton – straighten – uspořádat,
- Seiso – scrub – udržovat pořádek,
- Seiketsu – standardize – určit pravidla,
- Shitsuke – self-discipline – upevňovat (11).

2.8.4 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram je jedním z hlavních a zároveň nejjednodušších nástrojů pro zachycení pohybu materiálu nebo pracovníků na pracovišti. Je vytvářen k odhalení zbytečných pohybů a transportů. Je nezbytnou součástí analýzy při zeštíhlování procesu. Diagram je vhodné zaznamenávat přímo do layoutu pracoviště. Postup je velice jednoduchý a může být zpracován bez jakéhokoliv softwaru. Postup spočívá v zachycení všech pohybů materiálu, popřípadě pracovníků pomocí čar do připraveného layoutu (12).



Obr. 2: Ilustrační obrázek Spaghetti diagramu (12)

Hlavními přínosy jsou identifikace příležitostí pro zeštíhlení a zefektivnění procesu. Snaha je samozřejmě snížit přesuny pracovníků a materiálu vhodným uspořádáním pracoviště. Mohou být zavedeny vhodné nástroje a stojany k usnadnění manipulace s materiálem na pracovišti. Dalšími přínosy mohou být identifikace příležitostí pro lepší komunikaci pracovníků, větší bezpečnost práce, snížení námahy pracovníků vhodnější ergonomií pracoviště a další (13).

3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

V části analýzy současného stavu bude krátce představena společnost Hartmann – Rico a.s. a poté se analýza zaměří na popis současného stavu výrobní linky, která je předmětem bakalářské práce a bude provedena analýza a výpočty pro část vlastního návrhu řešení.

3.1 Představení společnosti Hartmann – Rico a.s.

Společnost Hartmann – Rico a.s. patří mezi nejvýznamnější výrobce zdravotnických prostředků a hygienických výrobků v České republice. Sídlo společnosti je Masarykovo nám. 77, Veverská Bítýška. Společnost je součástí mezinárodní skupiny HARTMANN se sídlem v Heidenheimu v Německu. Hartmann – Rico vznikl v roce 1991 vstupem společnosti Paul Hartmann AG do tehdejšího podniku Rico Veverská Bítýška. Více než deset let také působí na slovenském trhu s centrálou v Bratislavě. V České republice zaměstnává více než 1200 zaměstnanců a má závody ve Veverská Bítýšce, Havlíčkově Brodě a Chvalkovicích (14).



Obr. 3: Logo společnosti Hartmann (14)

3.1.1 Závod Veverská Bítýška

Historie tamního závodu sahá až do roku 1905. Vstupem skupiny Paul Hartmann v roce 1991 se společnost začala orientovat hlavně na výrobu zdravotnických prostředků. V posledních letech se zde vyrábějí hlavně jednorázové operační roušky a sety (14).

3.2 Základní analýza

Firma Hartmann – Rico se rozhodla pro reorganizaci a modernizaci jedné z výrobních hal v závodě Veverská Bítýška. Bakalářská práce se konkrétně zaměří na modernizaci pracoviště pro svařování malých roušek.

Vedení firmy se rozhodlo pro navýšení výrobní kapacity vyráběných roušek využitím stávajících, popřípadě nově pořizovaných technologií. V projektu bylo nutné zjistit současnou objektivní výrobní kapacitu a takt výroby při současné struktuře vyráběných roušek. Dále rozhodnout jaká zařízení a technologie zachovat, která modernizovat a navrhnout nové uspořádání pracoviště.

Požadavkem vedení bylo také aby realizační tým představil a zhodnotil takové řešení, které převede maximum části výroby polotovarů pro pracoviště svařování malých roušek K1 ze současného přípravného pracoviště na nově vzniklou výrobní linku.

3.2.1 Současná kapacita linky

Podle dat o odvádění za prvních 8 měsíců roku 2016, byl vypočítán průměrný počet odváděných kusů roušek za měsíc. V podniku se pracuje na třísměnný provoz po 8 hodinách, při využitelném časovém fondu 22,5 hodiny denně.

Odvádění leden až srpen: 331 764 Ks (16). **Průměrné měsíční odvádění: 41 470 Ks.**

Od 1. ledna do 31. srpna 2016 bylo ve firmě 159 pracovních dnů. Na jeden pracovní den tudíž průměrně vychází 2086,6 Ks. Při využitelném časovém fondu 22,5 hodin denně dostáváme **výrobní takt 92,7 Ks/hod.**

Pracoviště K1 je specifikováno jako ruční pracoviště a pracovníci mohou z rozhodnutí směnového mistra přecházet mezi pracovními pozicemi pracoviště nebo i dalšími ručními pracovišti. Z tohoto důvodu může na pracovišti pracovat různý počet pracovníků, i pokud se jedná o typově stejné zakázky. **Podle analýzy dat o odvádění výroby, pracovalo na lince průměrně 4,3 pracovníků.**

Požadavek na výkon nové linky je 2500 kusů za den, to odpovídá výrobnímu taktu 111,1 Ks/hod. a navýšení výrobní kapacity o 19,8 % (15).

Tab. 1: Přehled současného stavu výrobní kapacity pracoviště (16)

Odvádění leden až srpen 2016	331 764 Ks
Průměrné měsíční odvádění	41 470 Ks
Průměrné denní odvádění	2086,6 Ks
Průměrný výrobní takt linky	92,7 Ks/hod
Požadavek – denní odvádění	2500 Ks
Požadavek – výrobní takt	111,1 Ks/hod

3.2.2 Struktura vyráběných roušek

V této části bylo nutné zjistit kolik typů roušek a v jakém objemu se v současné době na lince vyrábí. Informace byly získány analýzou dat ze systému SAP a Lotus Notes. Byly vygenerovány všechny specifikace zakázek včetně vstupních komponent za období od ledna do srpna 2016. Z těchto dat byla vytvořena tabulka s informacemi o šířkách a délkách roušek vstupujících do jednotlivých zakázek. Následně byla tabulka spojena s tabulkou odvádění a bylo zjištěno, že **přibližně 65 % vyráběných roušek se zpracovává v šířkách 150 cm a 75 cm.**

Tento údaj je zvláště důležitý pro správné navrhnutí technologie linky (například pro návrh strojů a pracovních nástrojů pro výrobu), rozvržení pracoviště a velikosti pracovních ploch.

Tab. 2: Srovnání vyráběných šíří rolí podle objemu výroby [zkrácené] (16)

Šířky rolí	Počet výrobků v dané šířce	Max Délka	Počet vyrobených kusů 1-8 m. 2016
150	9	150	121732
75	8	340	94696
30	3	160	15100
31	3	160	15100
80	3	175	13250
37,5	1	130	12488
50	1	80	11348
79,5	1	170	8726
90	2	160	7826
45	5	220	7522
Celkový součet	69	340	331 764

Kompletní tabulka viz příloha I.

3.2.3 Struktura operací

Dále bylo nutné analyzovat, jaké operace se v současnosti provádějí na zakázkách vyráběných ve sledovaném úseku. Podle druhu zakázky se provádí 2, 3 nebo 4 operace, které přidávají hodnotu nebo jsou stěžejní při technologickém postupu.

Typy operací:

- Odvinutí a odřezání polotovaru roušky (dosud prováděno na jiných pracovištích).
- Svařování.
- Vlepení zajišťovacího oválu.
- Aplikace lepicí pásky (Tape).

- Přetočení z rubu na líc.
- Skládání.

Z těchto informací se vycházelo při stanovení reprezentativních zakázek a výpočtu současného stavu výroby.

3.3 Stanovení reprezentativních zakázek

Z důvodu velkého počtu různých zakázek vyráběných na lince byly stanoveny reprezentativní zakázky pro výpočty před a po navržených řešeních. Reprezentanty byly stanoveny podle počtu stěžejních operací, které se na nich provádějí a časy byly stanoveny podle průměru naměřených hodnot z výroby. Manipulační a transportní časy jsou u velké většiny zakázek podobné, proto byly pro všechny reprezentanty stanoveny stejně. **Vycházíme z horních 20 % zakázek, které tvoří přibližně 78 % objemu výroby.**

U zpracování dvou a tří operačních reprezentantů se počítá se dvěma pracovníky a u čtyř operačního se třemi pracovníky.

Tab. 3: Přehled reprezentativních zakázek (16) (Vlastní zpracování)

2 operace	Svařování	Skládání		
3 operace a)	Svařování	Vlepení zajišťovacího oválu, lepicí pásy	Skládání	
3 operace b)	Svařování	Otáčení rub / líc	Skládání	
4 operace a)	Svařování	Vlepení zajišťovacího oválu, Tape	Otáčení rub / líc	Skládání
4 operace b)	Svařování	Vlepení zajišťovacího oválu	Tape	Skládání

3.3.1 Výrobní kapacita reprezentantů

Podle dat ze SAP je **velikost průměrné zakázky 300 kusů**, tudíž velikost reprezentativních zakázek byla stanovena na 300 Ks. **Zakázky byly rozděleny podle počtu operací, jež se na nich provádí.**

Příprava na jiných pracovištích probíhá nejčastěji ve formě nadělení potřebných délek polotovarů roušek z role folie. Sled operací a jejich časy pro výpočet výrobní kapacity na přípravných pracovištích byly počítány pro všechny zakázky stejně. Rozdíly v časech výroby různých délek polotovarů jsou zanedbatelné.

Na základě doporučení pracovníků technologie a směnových mistrů společnosti byly vybrány zakázky, které lze přesunout na novou linku a které se budou muset i nadále připravovat na jiném pracovišti z důvodu specifického technologického postupu.

První reprezentant bude popsán podrobněji, včetně tabulky s časy výroby na přípravném pracovišti. Všichni reprezentanti budou na konci analýzy shrnutí v tabulce.

3.3.2 Koeficient přepočtu skutečného výrobního taktu

Při stanovování časů zpracování reprezentativních zakázek bylo vycházeno z momentového pozorování výroby. Pozorování bylo omezeno na zakázky, které byly zpracovávány podle složitosti dvěma nebo třemi pracovníky. Za omezující podmínky pozorování nebyly brány do úvahy nutné přestávky ani netechnologické prostoje, pouze čas nutný k práci.

V části srovnání reprezentantů je vypočítán průměrný takt pracoviště dle zmíněného momentového pozorování. Při měření se vycházelo z pozorování dvou a/nebo tří pracovníků. Protože na pracovišti však podle dat o odvádění výroby průměrně pracovalo 4,3 pracovníků a zároveň se pozorování omezilo pouze na čas nutný k práci, musíme tento fakt zohlednit ve výpočtu průměrného výrobního taktu pracoviště po navržených řešeních.

Rozdíl mezi průměrným taktem z pozorování výroby a dat o odvádění výroby je vyjádřen pomocí koeficientu, jako podíl skutečného průměrného taktu výroby vůči taktu z momentového pozorování. Jelikož je průměrně pracoviště obsluhováno větším počtem pracovníků než v případě pozorování, je skutečný průměrný takt vyšší než zjištěný pozorováním. Tímto koeficientem je následně přepočítán průměrný takt získaný analýzou výrobních časů po navržených řešeních.

Zohlednění zmíněného rozdílu je nutné k porovnání výkonu linky před a po navržených řešení a zhodnocení, zda byl splněn požadavek na zvýšení výkonu linky při stejném průměrném počtu pracovníků.

3.3.3 Reprezentativní zakázka – 2 operace.

Do reprezentanta 2-operační zakázky byly **zařazeny 3 zakázky z horních 78 % objemu produkce**, na kterých se **provádí pouze dvě hlavní operace**. Celková produkce reprezentanta tvoří **31 % z produkce vymezené pro stanovení reprezentantů**. Dvě zakázky tvořící 28 % produkce lze přesunout na linku a zbytek tvořící 3 % nelze čili musí být nadále připravovány na jiném pracovišti.

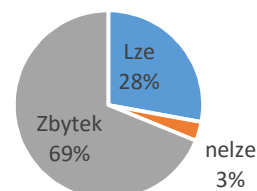
Tab. 4: Reprezentativní zakázka 2 operace (Vlastní zpracování)

2 operace	Svařování	Skládání
------------------	-----------	----------

Tab. 5: Zakázky pro 2-operačního reprezentanta (16) (Vlastní zpracování)

Číslo zakázky (zakázky ze kterých se vycházelo pro stanovení reprezentanta)	Přesun na novou linku?	Ks
439900	lze	8700
430655	lze	82000
Celkem lze	Lze	90700
434410	Nelze	10700
Zbytek produkce	Zbytek	137900

Podíl vybraných zakázek
na celkovém objemu
produkce



Graf 1: Podíl vybraných zakázek na celkové produkci (16) (Vlastní zpracování)

Všechny tři vybrané zakázky jsou nejdříve zpracovávány na přípravných pracovištích. V následující tabulce můžete vidět jednotlivé operace a jejich časy zpracování. Celkový čas zpracování zakázky na přípravném pracovišti je konečný a stejný pro všechny ostatní reprezentanty. **Zeleně je zvýrazněna operace přidávající hodnotu.**

Ve sloupci „Čas na kus“ jsou uvedeny jednotkové časy, tj. časy opakující se při zpracování každé jednotky. Ve sloupci „Čas na zakázku“ jsou uvedeny dávkové časy, tj.

časy opakující se pouze po zpracování určité dávky, v tomto případě se jedné o celou zakázku. Ve čtvrtém sloupci „Celkový čas na zakázku“ jsou uvedeny čas pro zpracování 300 kusů, tedy celé zakázky.

Tab. 6: Sled operací přípravy polotovarů (16) (Vlastní zpracování)

Zpracování polotovarů – Přípravné pracoviště			
Činnost	Čas na kus [sec.]	Čas na zakázku [sec.]	Celkový čas na zakázku [h:mm:ss] [300 ks]
Dovezení role [manipulant]		88	01:28
Založení role [manipulant]		276	04:36
Nastavení stroje [manipulant]		156	02:36
Příprava pracoviště [2 operátoři]		104,5	01:44
Řezání [2 operátoři]	1,73		05:00
Naskládání a příprava boxu na odvoz [2 operátoři]		64,4	01:04
Převoz k zabalení do folie [manipulant]		23,4	00:23
Balení do folie [manipulant]		105,7	01:45
Převoz do skladu [manipulant]		24	00:24
Příprava na transport na K1 [manipulant]		131,7	02:11
Celkový čas reprezentativní zakázky (přípravné pracoviště)			26:45

Následující tabulka prezentuje naměřené časy zpracování operací na pracovišti K1.

Zakázka je zpracovávána dvěma pracovníci. V současné době není na pracovišti standardizován pracovní postup, proto je zakázka často zpracovávána v různých dopravních dávkách. **Z pozorování výroby byla stanovena průměrná dopravní dávka 20 kusů.**

Ve sloupci „Čas na kus“ jsou opět jednotkové časy a ve sloupci „Čas na dávku“ jsou dávkové časy, tentokrát pro dávku 20 kusů. Operace „Příprava pracoviště“ a „Ukončení zakázky“ se provádějí pouze jednou za zakázku, proto jsou uvedeny pouze ve sloupci „Celkový čas na zakázku“.

Tab. 7: Sled operací na lince K1 (16) (Vlastní zpracování)

Sled operací a časy – K1			
Činnost	Čas na kus [sec.]	Čas na dávku [20 ks] [sec.]	Celkový čas na zakázku [300 ks] [h:mm:ss]
Příprava pracoviště			0:11:00
Chůze k boxu		4	0:00:58
Vykládka z boxu		4,8	0:01:10
Chůze k pracovišti svařování		4,2	0:01:03
Svařování	26,02		2:10:07
Přenos na pracoviště skládání		16,4	0:04:05
Skládání	31,67		2:38:20
Přeskládání do krabice		32,6	0:08:07
Přeskládání do boxu		46,8	0:11:42
Ukončení zakázky			0:01:08

Pro výpočet celkové doby zpracování zakázky na pracovišti K1 byl použit vzorec pro souběžné předávání výrobní dávky. Tabulku znázorňuje vstupní data pro výpočet času zpracování, „příprava pracoviště“ a „ukončení zakázky“ se počítají pouze jednou, „čas dopravy a kontroly mezi operacemi“ se počítá po každé dopravní dávce.

Tab. 8: Výpočet času zpracování na K1 (Vlastní zpracování)

Zpracování K1	[mm:ss]
Příprava pracoviště	11:00
1. Svařování	0:26
2. Skládání	0:32
Ukončení zakázky	1:08
<i>Čas nejdelší operace</i>	<i>0:32</i>
<i>Velikost dopravní dávky</i>	<i>20</i>
Počet operací	2
Čas dopravy a kontroly mezi operacemi	1:58
Celkový čas zpracování na K1	3:26:24

Čas zpracování reprezentanta tedy činí 26 minut a 45 sekund na přípravném pracovišti plus 3 hodiny, 26 minut a 24 sekund na pracovišti K1. **Celkový čas 3 hodiny a 53 minut.**

3.3.4 Procesní analýza 2-operace

Pro přehlednost byla sestavena procesní analýza zpracování reprezentativní zakázky. Zeleně jsou zvýrazněny činnosti přidávající hodnotu.

Tab. 9: Procesní analýza 2-operační reprezentant (Vlastní zpracování)

Polotovary	Operace	Transport	Čekání	Kontrola
Zpracování Přípravné pracoviště				
Dovezení role		⇒		
Založení role	○			
Nastavení stroje			D	
Příprava pracoviště			D	
Řezání	○			
Naskládání a příprava boxu na odvoz		⇒		
Čekání v pooperačním skladu			D	
Převoz k zabalení do folie		⇒		
Balení do folie	○		D	
Převoz do skladu		⇒		
Čekání ve skladu				
Transport na K1		⇒		
Zpracování K1				
Chůze k boxu		⇒		
Vykládka z boxu		⇒		
Chůze k pracovišti svařování		⇒		
Svařování	○			
Přenos na pracoviště skládání		⇒		
Skládání	○			
Přeskládání do krabice		⇒		
Přeskládání do boxu		⇒		
Ukončení zakázky				□

3.3.5 Value Stream Mapping 2-operace

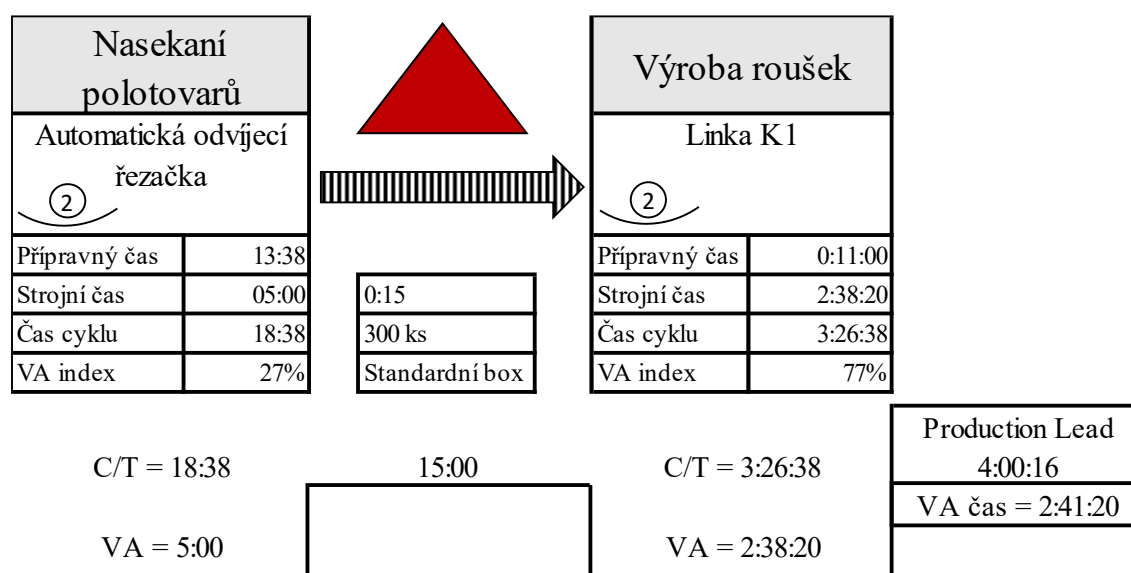
K vizuálnímu zachycení průběhu zakázky bylo zpracováno mapování toku hodnot. Model byl omezen pouze na část výroby, již se zabývá bakalářská práce, tedy od převzetí zakázky na přípravném pracovišti až po dokončení zakázky na lince K1. Model je opět zpracován pro 2-operačního reprezentanta.

Přípravné časy ukazují, jak dlouho strávili operátoři nastavováním pracoviště a ukončovacími pracemi po zakázce. Strojní časy představují činnosti přidávající nebo měnící hodnotu. **Čas cyklu neboli cycle time (C/T) je celkový čas** potřebný pro danou operaci. **Index přidané hodnoty neboli value added index (VA index) zobrazuje poměr činností přidávajících hodnotu k celkovému času.**

Transportní a skladovací časy mezi operacemi jsou zobrazeny v tabulce pod červeným trojúhelníkem (pod šipkou znázorňující přesun materiálu)

Production lead time (celkový čas výroby) představuje součet všech časů potřebných k výrobě a přesunu zakázky mezi operacemi.

VA čas představuje součet všech hodnotu přidávajících časů.



Obr. 4: Value Stream Mapping 2-operační reprezentant (16) (Vlastní zpracování)

3.4 Srovnání reprezentativních zakázek

Následující tabulka stručně ukazuje srovnání celkového času zpracování zakázek včetně přípravy polotovarů, poměr činností přidávajících hodnotu a přepočtený počet kusů vzhledem k celkové výrobě na pracovišti K1. Řádek „Podíl na celkové produkci“ zobrazuje jakou měrou se reprezentanti podílí na celkovém objemu produkce. Uvedený poměr byl definován tak, že se vypočítal poměr součtu vyrobených kusů zakázek zahrnutých do zmíněného reprezentanta vůči celkové produkci za sledované období. Poměry reprezentantů byly následně přepočítány na celkový objem výroby. Zeleně jsou

podbarveny části produkce, jež lze přesunout na novou linku a červeně ty, které přesunout nelze.

Tab. 10: Srovnání reprezentativních zakázek (Vlastní zpracování)

Reprezentanti (počet činností)	2		3 a)		3 b)	4 a)	4 b)	
Podíl na celkové produkci	31 %	4 %	33 %	11 %	11 %	3 %	5 %	2 %
Celkový čas zpracování [hh:mm]	3:53		4:10		4:13	4:02	5:16	
Počet pracovníků	2		2		2	3	3	
Činnosti přidávající hodnotu (K1) [%]	77 %		76 %		77 %	73 %	78 %	
Počet kusů přepočtený k celkové produkci [ks]	100 075	10 722	107 224	35 741	35 741	10 722	17 871	7 148
Výrobní takt [Ks/Hod.]	77,25		72,00		71,15	74,38	56,96	

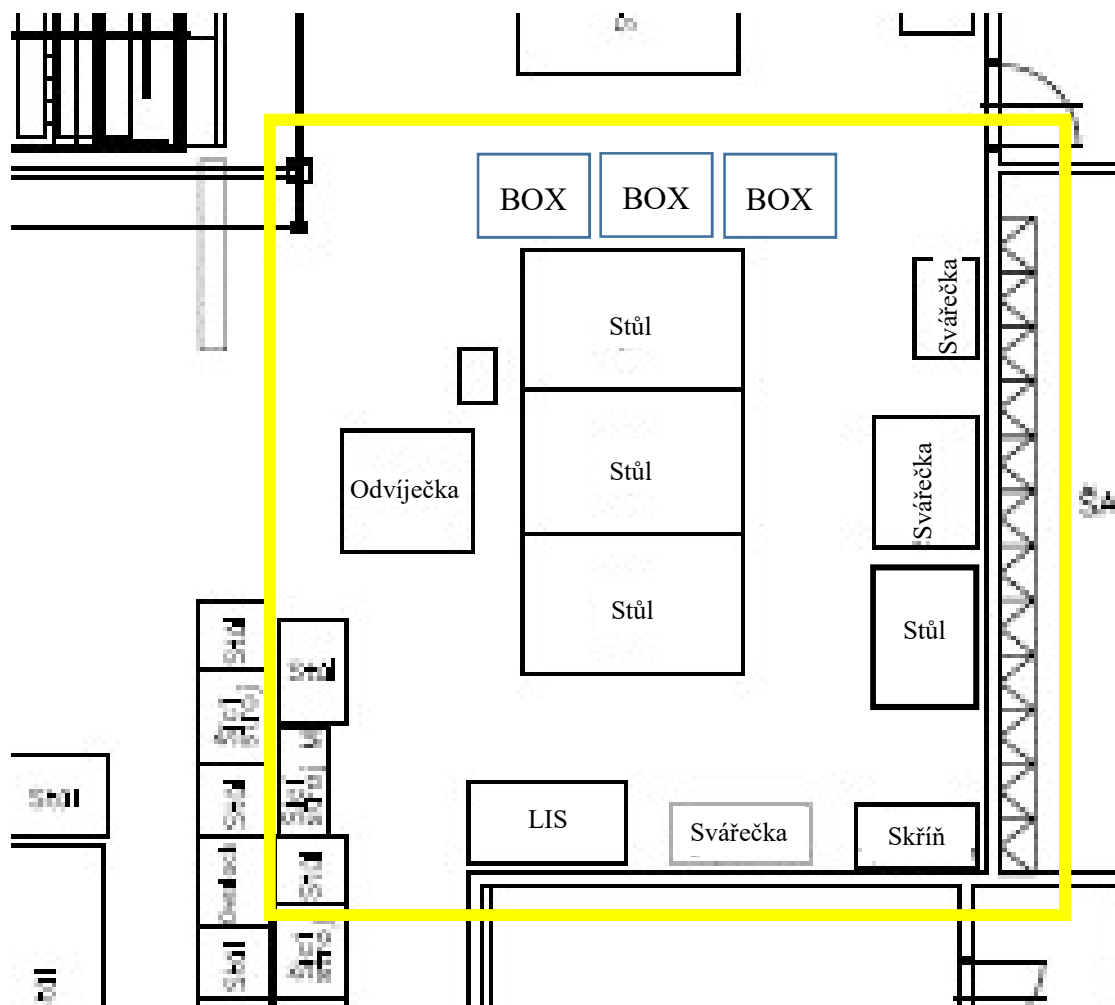
3.4.1 Stanovení koeficientu pro přepočet průměrného výrobního taktu

Váženým průměrem byl vypočítán **průměrný výrobní takt z momentového pozorování 72,6 Ks/hod.**, kritériem pro váhu byl podíl reprezentanta na celkovém objemu výroby. **Skutečný výrobní takt z dat o odvádění výroby činí 92,7 Ks/hod.** Jak bylo dříve popsáno v analýze, je nutné vyčíslit koeficient přepočtu skutečného výrobního taktu. **Podíl skutečného a odpozorovaného taktu, zmíněný koeficient, se rovná 1,277.**

Koeficientem je v části návrhu vlastních řešení vynásoben průměrný takt získaný z výrobních časů po navržených řešeních, abychom mohli zhodnotit, zda navržené řešení splní požadavek na zvýšení kapacity nové výrobní linky při stejném průměrném počtu pracovníků obsluhujících pracoviště.

3.5 Stávající uspořádání pracoviště K1

Stávající rozvržení pracoviště K1 není vhodné z hlediska požadavků na navýšení kapacity pracoviště. Jednotlivé části pracoviště na sebe nevhodným způsobem navazují a při předávání výrobků nebo transportu musí pracovníci často obcházet celé pracoviště.



Obr. 5: Stávající layout pracoviště K1 (19)

Na obrázku vidíme, že svářečky jsou rozmístěny podél stěn, z nichž se předávají hotové kusy ke skládání na stoly umístěné uprostřed, okolo stolů stojí pracovníci provádějící činnosti skládání, vlepení zajištění a podobně. U stávajícího layoutu není vhodně vyřešen způsob transportu vstupního materiálu z boxů ke všem svářečkám a také nejsou vyřešeny odkládací prostory okolo svářeček. Nevhodnost uspořádání bude patrná na zpracovaném spaghetti diagramu.

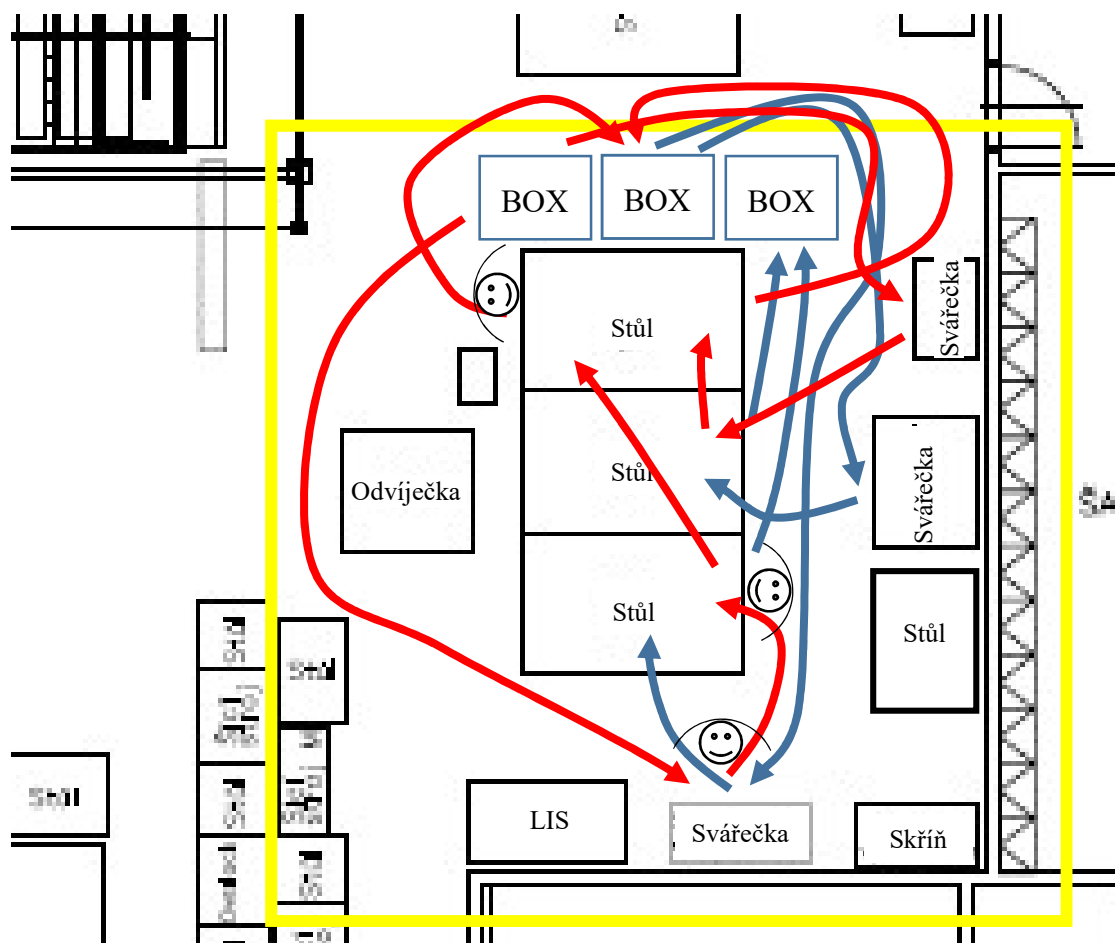
Na základě pozorování a analýzy velikostí roušek během procesu výroby bylo zjištěno, že velikost stolů je předimenzována a pracovníci nevyužívají efektivně celou plochu stolů. Stoly mají rozměry přibližně 2,5 m x 1,5 m.

3.5.1 Spaghetti diagram

Pro názornost byl vypracován Spaghetti diagram zachycující pohyb materiálu přes pracoviště pro dvě reprezentativní zakázky.

U 2-operačního reprezentanta označeného modře se jedná o činnosti vyložení materiálu z boxu, přenos ke svařování, přenos na stůl a uložení do boxu. Zakázku běžně zpracovávají 4 pracovníci na dvou stolech a dvou svářečkách.

U 4-operačního reprezentanta označeného červeně jsou zachyceny činnosti vyložení materiálu a přenos ke svařování, přenos na stůl, přenos ke skládání a uložení do boxu. Zakázku běžně zpracovává 6 pracovníků na 3 stolech a dvou svářečkách.



Obr. 6: Spaghetti diagram pro 2 a 4-operačního reprezentanta (Vlastní zpracování) (19)

4 VLASTNÍ NÁVRHY ŘEŠENÍ

Návrhy řešení se zaměří hlavně na modernizaci technického vybavení pracoviště K1 a změnu layoutu. V původním řešení se značná část výroby připravovala na jiném pracovišti. Příprava spočívá v nařezání polotovarů roušek v potřebné délce z role folie. Je nutné navrhnout takové řešení, které dovolí nařezat polotovary přímo na pracovišti. Tím se značně zkrátí manipulační a transportní časy, hlavně při převozu materiálů z přípravného pracoviště na linku K1.

Další úkol spočívá v návrhu změny layoutu pro lepší organizaci práce a výrobu v duchu filosofie štíhlé výroby a one piece flow. Současný stav nedovoluje plynulý tok výroby a pracovníci jsou nuceni dělat činnosti navíc, zejména při přípravě materiálu na operaci, přenos materiálu a podobně.

4.1 Návrh automatického odvíječe

Z analýzy a porad projektového týmu vyšlo jako jedno z možných řešení vybavit linku automatickým odvíječem rolí s řezačkou. Podobný stroj připravuje polotovary již v současné době, pro potřeby linky K1 však může být značně jednodušší.

Principy fungování nového odvíječe bude následující, role se umístí do automatického odvíječe, poté se folie zavede do řezacího mechanismu odkud bude automaticky odřezána potřebná délka folie a posuvný pás ji dopraví na konec odkládacího stolu.



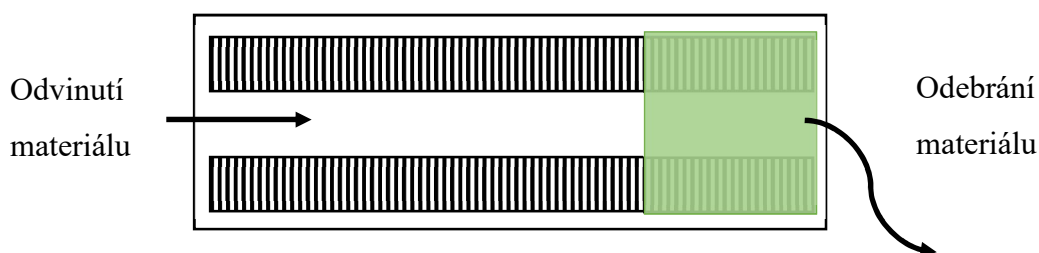
Obr. 7: Ilustrační obrázek odvíječe (17)

Podle rozměrů a váhy rolí používaných k výrobě a následné analýze velikostí nejčastěji vyráběných roušek, byly vyspecifikovány parametry odvíječe.

- Šíře role až 1500 mm.
- Váha role až 500 Kg.
- Rozměry stolu s posuvným pásem pro roušky až 2500 mm dlouhé.

Stroj by měl dále disponovat dvěma režimy chodu automatickým a poloautomatickým. V automatickém režimu bude stroj odvíjet a odřezávat polotovary po stanovené době samočinně. Takt stroje bude nastavitelný podle potřeby a samočinný chod bude možné pozastavit. V poloautomatickém režimu stroj odvine vždy jeden polotovar po stisknutí tlačítka.

V rámci úspory času bude stůl vybaven posuvným pásem. Po odřezání polotovaru jej posuvný pás dopraví na konec stolu, tak aby ho pracovnice odebrala pro další operaci vždy ze stejného místa bez ohledu na délku polotovaru. Tímto řešením se eliminují zbytečné kroky mezi odebráním polotovaru a následující operací.

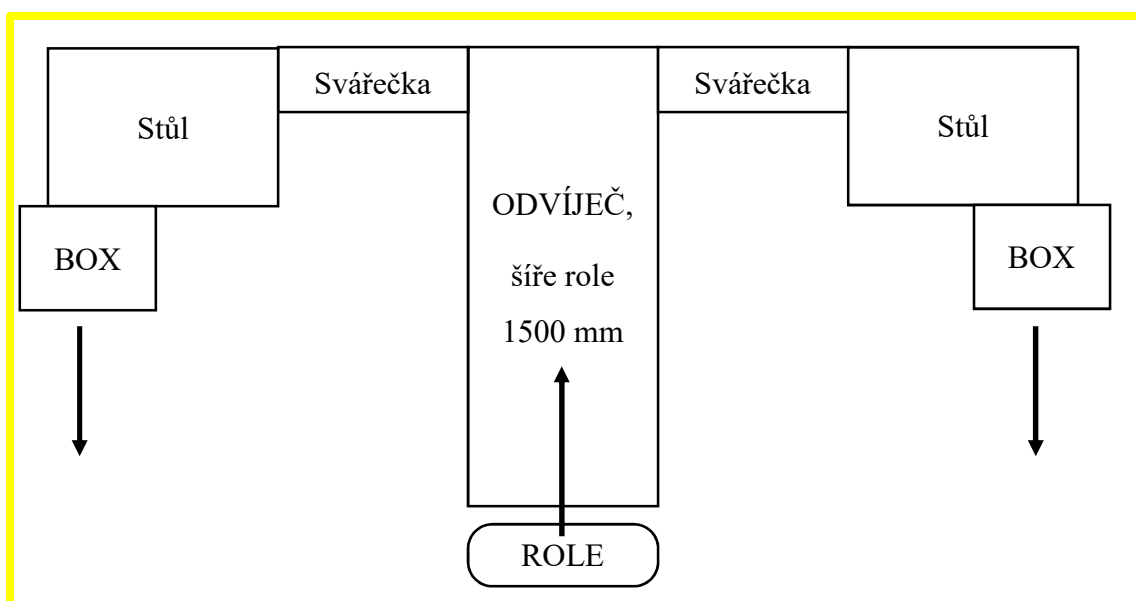


Obr. 8: Posuvný pás odvíječe (Vlastní zpracování)

Nejdůležitějším parametrem odvíječe bude takt odvinutí a uřezání polotovaru. Dle odborného odhadu by tento čas neměl být delší než polovina nejpomalejší ruční činnosti v celém procesu, tedy přibližně 16 vteřin, což je polovina času pro skládání roušky.

4.2 Návrh nového layoutu

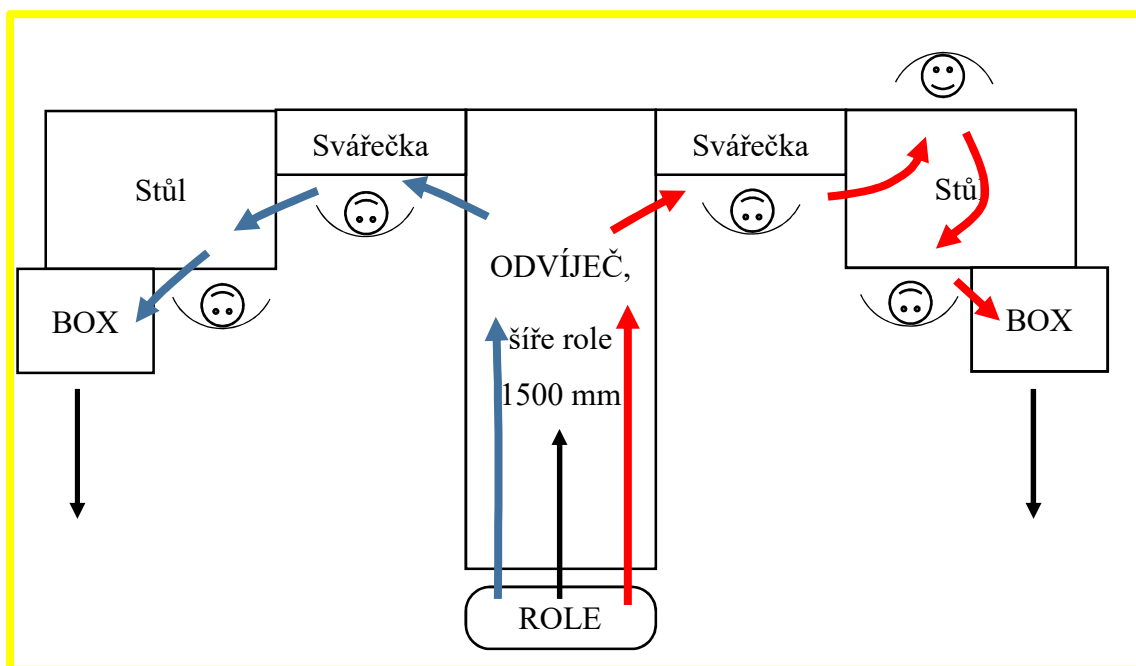
Návrh nového rozvržení pracoviště je zpracován podle filosofie výroby one piece flow. Délka a šířka odvíječe bude stanovena podle návrhu dodavatele odvíjecího stroje. Z původních 4 svářeček zůstaly pouze 2, protože v novém rozvržení bude linka vybalancována, tak aby byly použity vždy jen dvě svářečky. Stoly byly využívány přibližně ze 70 %, rozměry stolů byly proto upraveny podle využití a nového rozvržení na 2 m x 1,2 m.



Obr. 9: Návrh nového layoutu (Vlastní zpracování)

4.2.1 Spaghetti diagram nového layoutu

Podle nového layout byl vypracován návrh spaghetti diagramu. Na diagramu můžeme jasně vidět zjednodušení celého procesu. Červeně je vyznačen 4-operační reprezentant se třemi pracovníky a modře 2-operační se dvěma pracovníky.



Obr. 10: Spaghetti diagram nového layoutu (Vlastní zpracování)

4.3 Přepočet reprezentativních zakázek po implementaci navržených řešení

Pro výpočet výrobních časů reprezentantů po zavedení navržených řešení byl použit vzorec pro souběžný způsob předávání výrobní dávky stejně jako v analýze. Jelikož má linka vyrábět principem toku jednoho kusu, tak dopravní dávka byla stanovena na 1 kus.

Pro názornost byla zpracována podrobnější analýza prvního reprezentanta. V tabulce budou poté opět prezentována data všech reprezentantů

4.3.1 Reprezentativní zakázka – 2 operace

Následující tabulka ukazuje časy a výpočet nového času zpracování na lince K1 pro dvě zakázky, které mohly být převedeny na novou linku. Čas zpracování třetí zakázky zůstává stejný.

Čas potřebný pro seřízení první operace, což zahrnuje nasazení role, zavedení do mechanismu odvíječe a odvinutí prvních kusů, **byl stanoven odborným odhadem na 10 minut**. Čas transportu výrobků mezi jednotlivými operacemi byl odhadnut na 2 sekundy dle navržených změn uspořádání pracoviště. Časy ostatních operací zůstávají

stejně. Zakázku opět zpracovávají dvě pracovnice. První operaci vykonává automatický odvíječ, operaci svařování první pracovnice a skládání a uložení do boxu druhá pracovnice.

Tab. 11: Sled operací a výpočet výrobního času (Vlastní zpracování)

Zpracování na K1	Typ činnosti	Čas [300 ks] [h:mm:ss]
Doba potřebná pro seřízení 1. pracoviště	příprava	10:00
1. Odvinutí a uříznutí roušky	operace	0:04
2. Svařování	operace	0:26
3. Skládání	operace	0:32
Ukončení zakázky – čas	kontrola	1:08
<i>Čas nejdelší operace</i>		0:32
<i>Velikost dopravní dávky</i>		1
<i>Počet operací</i>		3
Čas dopravy mezi operacemi	transport	2
Celkový čas		3:02:00

Čas zpracování se tedy zkrátil o 51 minut z 3 hodin a 53 minut na 3 hodiny a 1 minutu. Snížen času bylo realizováno z části díky novému odvíječi a z části díky návrhu nového layoutu. **Čas zpracování třetí zakázky zůstává 5 hodin a 43 minut.**

4.3.2 Procesní analýza – 2-operace

Procesní analýza po navržených úpravách. Zeleně jsou opět vyznačeny činnosti přidávající hodnotu.

Tab. 12: Procesní analýza 2-operace po úpravách (Vlastní zpracování)

Zpracování K1	Operace	Transport	Čekání	Kontrola
Seřízení automatického odvíječe			D	
Odvíjení materiálu	○			
Přenos na pracoviště svařování		⇒		
Svařování	○			
Přenos na pracoviště skládání		⇒		
Skládání	○			
Přeskládání do boxu		⇒		
Ukončení zakázky				□

4.3.3 Value Stream Mapping 2-operace

Model se po úpravách omezil pouze na linku K1, protože operace na přípravném pracovišti se přesunuli na linku K1 a odpadla i nutnost transportu mezi výrobními uzly.

Výroba roušek	
Linka K1	
②	
Přípravný čas	0:10:00
Strojní čas	2:40:00
Čas cyklu	3:01:38
VA index	88%
C/T = 3:01:00	
VA = 2:40:00	
Production Lead Time = 3:01:00	
VA čas = 2:40:00	

Obr. 11: VSM model reprezentant 2-operace po navržených řešeních (Vlastní zpracování)

4.4 Srovnání reprezentantů po navržených úpravách

Následující tabulka prezentuje časy zpracování reprezentativních zakázek o velikosti 300 kusů po navržených úpravách včetně nového poměru činností přidávajících hodnotu. Zeleně jsou vyznačeny zakázky, které budou ovlivněny navrženými změnami a červeně zakázky, které budou i nadále zpracovávány stejným způsobem.

Tab. 13: Srovnání reprezentativních zakázek po navržených změnách (Vlastní zpracování)

Reprezentanti (počet činností)	2		3 a)		3 b)	4 a)	4 b)	
Podíl na celkové produkci	31 %	4 %	33 %	11 %	11 %	3 %	5 %	2 %
Celkový čas zpracování [hh:mm]	3:01	3:53	3:01	4:10	4:13	3:02	3:57	5:16
Počet pracovníků	2		2		2	3	3	
Činnosti přidávající hodnotu [%]	85 %	77 %	87 %	76 %	77 %	86 %	91 %	78 %
Počet kusů přepočtený k celkové produkci [ks]	100 075	10 722	107 224	35 741	35 741	10 722	17 871	7 148
Výrobní takt [Ks/Hod.]	99,45	77,25	99,45	72,00	71,15	98,90	75,95	56,96

Následující srovnání ukazuje procentuální úsporu času oproti stavu před realizací řešení a procentuální navýšení kapacity. Zeleně jsou označeni poměry reprezentantů, které šli přesunout na novou linku a červeně které nešli přesunout.

Tab. 14: Srovnání reprezentantů před a po navržených změnách (Vlastní zpracování)

Reprezentanti (počet činností)	2		3 a)		3 b)	4 a)	4 b)	
Podíl na celkové produkci	31 %	4 %	33 %	11 %	11 %	3 %	5 %	2 %
Čas zpracování před změnami	3:53	3:53	4:10	4:10	4:13	4:02	5:16	5:16
Čas zpracování po změnách	3:01	3:53	3:01	4:10	4:13	3:02	3:57	5:16
Procentuální úspora času	22 %	0 %	28 %	0 %	0 %	25 %	25 %	0 %
Výrobní takt před [Ks/Hod.]	77,25	77,25	72,00	72,00	71,15	74,38	56,96	56,96
Výrobní takt po [Ks/Hod.]	99,45	77,25	99,45	72,00	71,15	98,90	75,95	56,96
Procentuální navýšení kapacity	29 %	0 %	38 %	0 %	0 %	33 %	33 %	0 %

Váženým průměrem byl vypočítán průměrný takt 90,35 ks/hod., jako kritérium váhy byl použit poměr reprezentanta k celkovému objemu produkce. Jak bylo uvedeno v části analýzy skutečný takt z dat o odvádění výroby se liší od taktu z momentového pozorování. Koeficient pro přepočet skutečného taktu se rovná 1,277 a po vynásobení vychází **skutečný takt 115,38 ks/hod., tedy 2 596 kusů za den.**

Původní výrobní takt byl 92,7 kusů denně, požadavek na výkon nové linky byl 2 500 kusů denně, při taktu 111,1 ks/hod., požadavek byl tedy překonán o 96 kusů denně.

4.5 Ekonomické zhodnocení

Za omezující podmínky byly pro výpočet nákladů na zpracování reprezentativních zakázek brány do úvahy pouze náklady na strojní čas a personální náklady pracovníků. Pro výpočet ekonomického zhodnocení bylo dále počítáno s náklady na pořízení nové technologie a náklady na montáž.

Na přípravném pracovišti jsou počítány náklady na strojní čas a náklady na manipulanty a operátory. Na pracovišti K1, které je považováno za ruční pracoviště, je počítáno pouze s náklady na operátory.

Z důvodu utajení citlivých informací byly všechny náklady přepočítány koeficientem.

Tab. 15: Náklady podle pracovišť (20)

Přípravné pracoviště	
Stroj Kč/hod.	1 495 Kč
Pracovník Kč/hod.	543 Kč
K1	
Pracovník Kč/hod.	543 Kč

Strojní čas, čas manipulanta a časy operátorů jsou přepočteny z tabulky srovnání reprezentativních zakázek. Čas operátorů je vždy vynásoben počtem operátorů, kteří daného reprezentanta zpracovávají.

Tab. 16: Náklady na zpracování reprezentantů před návrhy řešení (Vlastní zpracování) (20)

Reprezentant	2	3 a)	3 b)	4 a)	4 b)
Přípravné pracoviště					
Strojní čas [hod.]	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Náklady stroje [Kč]	642,96	642,96	642,96	642,96	642,96
Čas manipulanta [hod.]	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Náklady manipulanta [Kč]	119,43	119,43	119,43	119,43	119,43
Čas operátorů 2x [hod.]	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Náklady operátorů [Kč]	141,15	141,15	141,15	141,15	141,15
Náklady přípravné pracoviště	904 Kč	904 Kč	904 Kč	904 Kč	904 Kč
K1					
Čas operátorů [hod.]	7,76	8,32	8,44	12,09	15,81
Náklady operátorů [Kč]	4 213 Kč	4 517 Kč	4 582 Kč	6 563 Kč	8 583 Kč
Celkové náklady na reprezentanty [Kč]	5 116 Kč	5 420 Kč	5 485 Kč	7 467 Kč	9 486 Kč

Váženým průměrem byly vypočítány průměrné náklady na zakázku o velikosti 300 kusů jež činí 5 667 Kč. Jako kritérium váhy byl opět použit poměr reprezentanta vůči celkovému objemu produkce. **Na jeden kus průměrně vychází náklady 18,89 Kč.**

Po navržených změnách jsou náklady následující. Tabulka je rozdělena podle reprezentantů, jež šli přesunout na novou linku označených zeleně ANO a kteří nešli přesunout označených červeně NE.

Tab. 17: Náklady na zpracování reprezentantů po navržených řešeních (Vlastní zpracování) (20)

Reprezentant	2	2	3 a)	3 a)	3 b)	4 a)	4 b)	4 b)
Přípravné pracoviště	ANO	NE	ANO	NE	NE	ANO	ANO	NE
Strojní čas [hod.]	0	0,43	0	0,43	0,43	0	0	0,43
Náklady stroje [Kč]	0	642,96	0	642,96	642,96	0	0	642,96
Čas manipulanta [hod.]	0	0,22	0	0,22	0,22	0	0	0,22
Náklady manipulanta [Kč]	0	119,43	0	119,43	119,43	0	0	119,43
Čas operátorů 2x [hod.]	0	0,26	0	0,26	0,26	0	0	0,26
Náklady operátorů [Kč]	0	141,15	0	141,15	141,15	0	0	141,15
Náklady přípravné pracoviště [Kč]	0	904	0	904	904	0	0	904
K1								
Čas operátorů [hod.]	6,04	7,76	8,32	6,04	8,44	9,09	11,85	11,85
Náklady operátorů [Kč]	3279	4213	4517	3279	4582	4935	6433	6433
Celkové náklady na reprezentanty [Kč]	3279	5116	4517	4183	5485	4935	6433	7337

Váženým průměrem byly opět vypočítány průměrné náklady na zakázku 300 kusů jež činí 4 392 Kč. **Na jeden kus průměrně vychází náklady 14,64 Kč. Úspora nákladů po navržených řešení vychází 4,25 Kč na kus.**

4.5.1 Bod zvratu

Náklady na pořízení a instalaci nového odvíječe byly v projektu odhadnuty na 2 213 640 Kč. Náklady na nové pracovní stoly a změnu uspořádání pracoviště byly odhadnuty na 117 000 Kč. Celkové náklady na modernizaci linky činí 2 330 640 Kč (20).

Pro výpočet návratnosti byl použit vzorec pro výpočet bodu zvratu. Jako fixní náklady byly použity náklady na modernizaci linky a jako jednotkový krycí příspěvek úspora nákladů, 4,25 Kč na kus.

$$Q = \frac{2\,330\,640}{4,25} = 548\,386 \text{ kusů.}$$

Z výpočtu bodu zvratu vychází, že se náklady na modernizaci linky vyplatí po přibližně 548 386 vyrobených roušek dle úspory nákladů. Za předpokladu plného vytížení linky, se při průměrném denním odvádění 2 596 kusů zaplatí náklady za 212 pracovních dnů, přibližně 10 měsíců.

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo optimalizovat výrobní proces a modernizovat linku na výrobu lékařských roušek ve firmě Hartmann – Rico a.s. Hlavním motivem bylo zvýšit kapacitu linky a zefektivnit celý proces.

K úspěšnému vyřešení hlavního cíle jsem určil dva dílčí cíle. Prvním úkolem bylo přenést část výroby polotovarů z linky K3 na linku K1 modernizací stávajících výrobních zařízení. V dalším úkolu bylo potřeba optimalizovat proces, provést analýzu stávající situace a navrhnout zlepšení, například v podobě nového layoutu a podobně.

V práci jsem na začátku stanovil teoretické základy, ze kterých jsem vycházel pro analýzu, výpočty a navržené změny. V teorii jsem se zaměřil hlavně na výrobní proces, jeho rozdělení, metody analýzy a měření. Dále jsem charakterizoval principy štihlé výroby a její nástroje aplikace.

Další částí bylo zhodnocení současné situace a základní výpočty kapacity linky a průběžných dob výroby. Zde jsem vypočítal, jaký je současný průměrný takt výroby, měsíční a denní odvádění v počtech kusů. Pro detailnější analýzu bylo vytvořeno pět reprezentativních zakázek, jež reprezentují různorodou výrobu na pracovišti.

Z vypracované analýzy byla navržena řešení zahrnující změnu technologie a layoutu pracoviště. Navržená technologie v podobě pořízení automatického odvíječe umožní přesunout značnou část výroby z přípravného pracoviště na novou linku K1, jak bylo požadováno v zadání. Návrhem nového layoutu spolu s pořízením odvíječe bylo dosaženo zvýšení průměrného výrobního taktu na 115,4 kusů za hodinu oproti původním 92,7 kusů za hodinu. Požadavek na navýšení výroby na 2500 kusů denně byl překonán o přibližně 96 kusů.

Výpočtem nákladů na výrobu bylo zjištěno, že průměrné náklady na jeden kus se snížily z 18,89 Kč na 14,64 Kč. Z analýzy bodu zvratu vyšlo, že pořízení nové technologie a náklady na přestavbu layoutu se vrátí po výrobě přibližně 550 000 kusů. Za předpokladu plného vytížení nové linky to znamená 212 pracovních dnů, přibližně 10 měsíců.

Bylo tedy dosaženo jak cíle navýšení výrobní kapacity, tak i přesunu části výroby přímo na novou linku K1. Navržená řešení se dále drží v duchu štihlé výroby, jejíž zavádění probíhá napříč celým podnikem Hartmann – Rico a.s.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) JUROVÁ, Marie. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-265-0059-9.
- (2) KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-807-1793-199.
- (3) KUCHARČÍKOVÁ, Alžbeta. *Efektivní výroba: využijte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-2524-3.
- (4) TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- (5) VEJDĚLEK, Jiří. *Jak zlepšit výrobní proces*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-716-9583-1.
- (6) DANĚK, Jan a Miroslav PLEVNÝ. *Výrobní a logistické systémy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-704-3416-3.
- (7) TYAGI, Satish, Alok CHOUDHARY, Xianming CAI a Kai YANG. *Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process*. *International Journal of Production Economics* [online]. Elsevier B.V, 2015, 202-212 [cit. 2016-11-02]. DOI: 10.1016/j.ijpe.2014.11.002. ISSN 09255273. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0925527314003521>
- (8) JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-394-4.
- (9) SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management*. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3611-2.
- (10) Jednotlivé metody a nástroje (I - P). Academy of productivity and innovations [online]. Slaný: API – Akademie produktivity a inovací, s.r.o., 2015. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>
- (11) BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.

- (12) Štíhlá logistika. *System online* [online]. 2016 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/stihla-logistika.htm>
- (13) Spaghetti diagram. *CIE Group* [online]. 2016 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/spaghetti-diagram/>
- (14) O nás. *Hartmann – Rico a.s.* [online]. [cit. 2016-10-25]. Dostupné z: http://cz.hartmann.info/o_nas.php
- (15) HARTMANN – RICO A.S. *Navýšení kapacity roušek pro S závod*. Veverská Bítýška, 2016.
- (16) HARTMANN – RICO A.S. *KI _odvadeni_ 1-8-2016*. Veverská Bítýška, 2016.
- (17) Stroje řezací. *Robex DK s.r.o.* [online]. 2016 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.robex-dk.cz/index.php?category=11&subcategory=50>
- (18) HARTMANN – RICO A.S. *Projekt modernizace haly K*. Veverská Bítýška, 2016.
- (19) HARTMANN – RICO A.S. *Plán haly K*. Veverská Bítýška, 2016.
- (20) HARTMANN – RICO A.S. *Nákladová střediska*. Veverská Bítýška, 2016.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

VSM	Value stream mapping
C/T	Cycle time
VA	Value added

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: 8 druhů plýtvání	18
Obr. 2: Ilustrační obrázek Spaghetti diagramu	19
Obr. 3: Logo společnosti Hartmann	20
Obr. 4: Value Stream Mapping 2-operační reprezentant.....	30
Obr. 5: Stávající layout pracoviště K1	32
Obr. 6: Spaghetti diagram pro 2 a 4-operačního reprezentanta.	33
Obr. 7: Ilustrační obrázek odvíječe	34
Obr. 8: Posuvný pás odvíječe.	35
Obr. 9: Návrh nového layoutu	36
Obr. 10: Spaghetti diagram nového layoutu.	37
Obr. 11: VSM model reprezentant 2-operace po navrhnutých řešeních.....	39

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Přehled současného stavu výrobní kapacity pracoviště.....	22
Tab. 2: Srovnání vyráběných šíří rolí podle objemu výroby [zkrácené].	23
Tab. 3: Přehled reprezentativních zakázek	24
Tab. 4: Reprezentativní zakázka 2 operace	26
Tab. 5: Zakázky pro 2-operačního reprezentanta	26
Tab. 6: Sled operací přípravy polotovarů	27
Tab. 7: Sled operací na lince K1	28
Tab. 8: Výpočet času zpracování na K1	28
Tab. 9: Procesní analýza 2-operační reprezentant	29
Tab. 10: Srovnání reprezentativních zakázek	31
Tab. 11: Sled operací a výpočet výrobního času.	38
Tab. 12: Procesní analýza 2-operace po úpravách.....	38
Tab. 13: Srovnání reprezentativních zakázek po navržených změnách	40
Tab. 14: Srovnání reprezentantů před a po navržených změnách	40
Tab. 15: Náklady podle pracovišť.	41
Tab. 16: Náklady na zpracování reprezentantů před návrhy řešení.....	42
Tab. 17: Náklady na zpracování reprezentantů po navržených řešeních.....	43

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Tabulka vyráběných rolí šíří rolí podle objemu výrobyI

Příloha I: tabulka vyráběných šíří rolí podle objemu výroby (8).

Šířky rolí	Počet výrobků v dané šířce	Max Délka	Počet vyrobených kusů 1-8 m. 2016
150	9	150	121732
GK FU Abd 150x120 cm aus Folie Faltmasch	1	120	18605
Pe film 150x120 cm, Faltenmaschine	2	120	82531
Rouška 150x120 cm, Protect, Faltenmaschine	1	120	10694
Rouška 150x140 cm, PE film, Faltenmaschine	2	140	4096
Rouška 150x150 cm, Protect, Faltenmaschine	2	150	5776
Rouška 150x90 cm, Faltenmaschine (B)	1	90	30
75	8	340	94696
GK Abd 75x280 Faltenmaschine Protect	1	280	60
GK VL KASCH 75 cm Protect neu BVB 1000 m	2	240	72072
Rouška 75x30 cm, Jofra (A)	1	50	30
Rouška 75x340 cm, Protect, Faltenmaschine	1	340	200
Rouška 75x70 cm, Protect, Jofra	1	70	6924
Rouška 75x71 cm, Protect	1	71	10560
Základní materiál, šíře 75 cm, Protect	1	240	4850
30	3	160	15100
31	3	160	15100
80	3	175	13250
37,5	1	130	12488
50	1	80	11348

79,5	1	170	8726
90	2	160	7826
45	5	220	7522
60	1	32	6276
100	2	152	2458
46	3	220	1868
95	1	220	1419
56	9	142	1236
66	1	120	1120
70	4	26	1002
72	1	170	960
78	1	117	960
59	1	77	720
87	2	262	640
64	2	80	616
55	1	38	600
56,3	1	60	480
85	1	75	224
40	1	50	64
234	1	322	54
Celkový součet	69	340	328485